

DETECTOR FOR ANGLE OF ROTATION

Publication number: JP2001317910

Publication date: 2001-11-16

Inventor: AKANO SHINICHI

Applicant: YAMATAKE CORP.

Classification:

- international: G01B7/30; G01B7/00; G01D5/18;
G01B7/30; G01B7/00; G01D5/12;
(IPC1-7): G01B7/30; G01D5/18

- European:

Publication number: JP20000134445 20000508

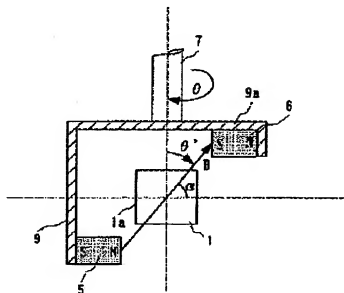
Priority number(s): JP20000134445 20000508

Report a data error here

Abstract of JP2001317910

PROBLEM TO BE SOLVED: To expand the measurement range of rotation angle θ .

SOLUTION: Magnets 5 and 6 are mounted on a yoke 9, deviated in position in the direction of the axis of rotation. A magnetic sensor 1 is arranged at the center of the internal space of the yoke 9, with the detection surface 1a thereof being erected vertically (parallel with the direction of the axis of rotation of the magnets 5 and 6). When a shaft 7 spins, accompanying this, the magnets 5 and 6 rotate together with the yoke 9, so that the magnetic field B at an angle α of inclination turns piercing the detection surface 1a of the magnetic sensor 1. Thus, a magnetic field component having a change in the angle smaller than the change in angle



&theta of rotation of the magnetic field B acts on the detection surface 1a of the magnetic sensor 1, thereby expanding the measurement range of angle &theta of rotation.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-317910

(P2001-317910A)

(43) 公開日 平成13年11月16日 (2001. 11. 16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル* (参考)	
G 0 1 B 7/30	1 0 1	C 0 1 B 7/30	1 0 1 B	2 F 0 6 3
G 0 1 D 5/18		C 0 1 D 5/18	L	2 F 0 7 7

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-134445(P2000-134445)

(22) 出願日 平成12年5月8日 (2000. 5. 8)

(71) 出願人 000006866

株式会社山武

東京都渋谷区渋谷2丁目12番19号

(72) 発明者 赤野 信一

東京都渋谷区渋谷2丁目12番19号 株式会

社山武内

(74) 代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

Fターム(参考) 2F063 AA35 CA10 DA01 DB07 DD03

DD05 GA42 GA52 GA67 GA68

GA74 LA02 LA11 LA27 ZA01

2F077 AA27 CC02 JJ01 JJ10 JJ23

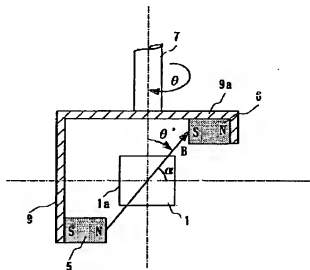
VWD1

(54) 【発明の名称】 回転角度検出器

(57) 【要約】

【課題】 回転角度 θ の測定範囲を広げる。

【解決手段】 ヨーク9に磁石5、6を回転軸方向の位置を互いにずらして取り付ける。磁気センサ1をヨーク9の内部空間の中央にその検出面1aを縦(磁石5および6の回転軸方向と平行)にして配置する。軸7を回転すると、これに伴って磁石5および6がヨーク9と一体となって回転し、傾斜角 α の磁界Bが磁気センサ1の検出面1aを貫通しながら回転する。これにより、磁界Bの回転角度 θ の変化よりも小さな角度変化の磁界成分が磁気センサ1の検出面1aに平行に作用し、回転角度 θ の測定範囲が広がる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 検出面に平行な磁界成分の方向に応じてその抵抗値が変化する磁気抵抗効果型の磁気センサと、この磁気センサを挟んで対向する一方側および他方側に前記磁気センサに対し相対的に回転可能に設けられ、前記磁気センサに作用する磁界を作るN磁極およびS磁極とを備えた回転角度検出器において、前記磁気センサの検出面が前記N磁極およびS磁極の回転軸方向と平行とされ、前記N磁極の回転軌道面と前記S磁極の回転軌道面とが前記磁気センサの中心を挟んで対向していることを特徴とする回転角度検出器。

【請求項2】 相対的に回転可能に設けられた第1および第2の部材と、前記第1の部材に設けられ検出面に平行な磁界成分の方向に応じてその抵抗値が変化する磁気抵抗効果型の磁気センサと、前記第2の部材に設けられた磁路と、この磁路に接続され前記磁気センサに作用する磁界を作る第1の磁石および第2の磁石とを備えた回転角度検出器において、前記磁気センサの検出面が前記第1の磁石および第2の磁石の回転軸方向と平行とされ、前記第1の磁石と前記第2の磁石の回転軸方向の位置が互いにずれていることを特徴とする回転角度検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、各種機器の回転角度を検出する回転角度検出器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、この種の回転角度検出器として、強磁性体磁気抵抗素子を利用したものがある。強磁性体磁気抵抗素子は、Ni-Cu等の強磁性合金からなる薄膜パターンを絶縁基板上に形成したものである。この強磁性体磁気抵抗素子が配置されている基板面（検出面）と平行な磁界の方向が変化すると、それに応じて抵抗値が変化する。この強磁性体磁気抵抗素子の抵抗値の変化から、検出面と平行な磁界の方向を検出することができ、この磁界の方向から被測定部材の回転角度を検出することができる。

【0003】図13は強磁性体磁気抵抗素子を利用した従来の回転角度検出器の回路構成を示す図である。同図において、1は磁気センサ、2はオペアンプ、3は増幅器、4は磁気センサ1に直列に接続された駆動電流値決定用抵抗であり、オペアンプ2および増幅器3へは電源電圧 V_{cc} が与えられている。磁気センサ1はブリッジ接続された強磁性体磁気抵抗素子1-1〜1-4によって構成され、強磁性体磁気抵抗素子1-1〜1-4は基板面に配置されている。すなわち、この強磁性体磁気抵抗素子1-1〜1-4が配置された基板面が、磁気センサ1の検出面とされている。

【0004】オペアンプ2の非反転入力端には基準電圧 V_s が設定されており、反転入力端には駆動電流値決定

用抵抗4と磁気センサ1との直列接続点（強磁性体磁気抵抗素子1-2と1-4との接続点）に生ずる電圧 V_1 が与えられている。また、オペアンプ2の出力増幅は、磁気センサ1の強磁性体磁気抵抗素子1-1と1-3との接続点に接続されている。増幅器3は、磁気センサ1の強磁性体磁気抵抗素子1-1と1-4との接続点に生ずる電圧 e_1 および強磁性体磁気抵抗素子1-3と1-2との接続点に生ずる電圧 e_2 を所定の増幅率 G で増幅し、出力電圧 V_{out} として出力する。

【0005】この回転角度検出器において、オペアンプ2は、入力電圧 V_1 を基準電圧 V_s に一致させるように磁気センサ1への駆動電流 i を制御する。これにより、磁気センサ1への駆動電流 i が一定となり、磁気センサ1が定電流駆動される。この場合、駆動電流 i の大きさは、基準電圧 V_s と駆動電流値決定用抵抗4の抵抗値 R_1 によって決定される。

【0006】図14は磁気センサ1の取り付け状況の概略を示す。磁気センサ1はその検出面1aを下側にして不図示の保持部材に固定されている。この磁気センサ1の両側に磁石（永久磁石）5および6が配置されている。磁石5および6は軸7を一体となって回転するヨーク8に取り付けられている。磁石5はそのN極を磁気センサ1側として、磁石6はそのS極を磁気センサ1側としてヨーク8に取り付けられており、ヨーク8を磁路として磁石5のN極から磁石6のS極へ向かう磁界Bが磁気センサ1の検出面1aに平行に作用している。

【0007】軸7が回転すると、磁石5と磁石6とが作る磁界Bも回転する。これにより、強磁性体磁気抵抗素子1-1〜1-4の抵抗値が変化し、増幅器3の出力電圧 V_{out} が変化する。この出力電圧 V_{out} の変化から磁界Bの方向を検出することができ、この磁界Bの方向から軸7の回転角度を検出することができる。ここで、軸7の回転角度すなわち磁界Bの回転角度を θ とし（図15参照）、出力電圧 V_{out} を $V(\theta)$ とした場合、磁気センサ1の物性から出力電圧 $V(\theta)$ は下記

(1)式で表される。なお、(1)式において、 ΔR は磁気抵抗効果の大きさである。

$$V(\theta) = \Delta R \cdot \cos 2\theta \cdot i \quad \cdots (1)$$

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記(1)式から分かるように、従来の回転角度検出器においては、出力電圧 $V(\theta)$ が回転角度 θ に対して2倍角の出力特性となる。図16に $V(\theta)$ の出力特性を示す。出力電圧 $V(\theta)$ は、 $\theta = 0 \sim 180^\circ$ を1周期として変化し、 $\theta = 0^\circ \sim 90^\circ$ 、 $\theta = 90^\circ \sim 180^\circ$ において同一値の $V(\theta)$ が出力される。従って、従来の回転角度検出器では、回転角度 θ の測定範囲が 90° 以下（実質的には 60° 程度）に限定されていた。

【0009】本発明はこのような課題を解決するために

なされたもので、その目的とするところは、回転角度 θ の測定範囲を広げることのできる回転角度検出器を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために請求項1に係る発明（第1発明）は、磁気センサを挟んで対向する一方側および他方側に磁気センサに對し相対的に回転可能にN磁極およびS磁極を設け、磁気センサの検出面をこのN磁極およびS磁極の回転軸方向と平行すると共に、N磁極の回転軌道面とS磁極の回転軌道面とを磁気センサの中心を挟んで対向させたものである。この発明によれば、N磁極からS磁極への磁界が磁気センサの検出面を斜めに貫通しながら回転し、この磁界の回転角度変化よりも小さな角度変化の磁界成分が磁気センサの検出面に平行に作用する。

【0011】また、請求項2に係る発明（第2発明）は、第1および第2の部材を相対的に回転可能に設け、第1の部材に磁気抵抗効果型の磁気センサを設け、第2の部材に磁路を設け、この磁路に磁気センサに作用する磁界を作る第1の磁石および第2の磁石を接続し、磁気センサの検出面を第1の磁石および第2の磁石の回転軸方向と平行すると共に、第1の磁石と第2の磁石の回転軸方向の位置を互いにずらしたものである。この発明によれば、第1の磁石（第2の磁石）から第2の磁石（第1の磁石）への磁界が磁気センサの検出面を斜めに貫通しながら回転し、この磁界の回転角度変化よりも小さな角度変化の磁界成分が磁気センサの検出面に平行に作用する。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施の形態に基づき詳細に説明する。

〔実施の形態1（基本原理）〕図1はこの発明の基本原理解を説明する図であり、磁気センサおよび磁石の取り付け状況を示している。図1において、1は磁気センサ、5、6は磁石（永久磁石）、9は「コ」の字形のヨークであり、ヨーク9の底面（図では上面）9aには軸7が結合されている。

【0013】磁石5、6はヨーク9の内面に取り付けられている。軸7を回転すると、この軸7と一体となってヨーク9が回転し、ヨーク9に取り付けられた磁石5、6も回転する。磁気センサ1は、不図示の保持部材に固定され、ヨーク9の内部空間の中央にその検出面1aを縦にして配置されている。すなわち、磁気センサ1は、その検出面1aを磁石5および6の回転軸方向と平行にして配置されている。磁石5、6は回転軸方向の位置を互いにずらして取り付けられている。この例では、磁石5はヨーク9の下部に、磁石6はヨーク9の上部に取り付け、磁石5の回転軌道面と磁石6の回転軌道面とを磁気センサ1の中心を挟んで対向させている。

【0014】磁石5はそのN極を磁気センサ1側とし

て、磁石6はそのS極を磁気センサ1側としてヨーク9に取り付けられており、ヨーク9を磁路として磁石5のN極から磁石6のS極へ向かう傾斜角 α の磁界Bが磁気センサ1に作用している。図1の状態において、傾斜角 α の磁界Bは、磁気センサ1の検出面1aに平行に作用している。磁気センサ1の構成およびこの磁気センサ1に付加される回路構成は図13と同じであるのでその説明は省略する。

【0015】この回転角度検出器において、軸7が回転すると、磁石5と磁石6とが作る磁界Bも回転する。図1は軸7の回転角度 θ が 90° の場合を示している。軸7の回転角度 θ が 0° の場合を図2（b）に示す。図2（b）の状態では、磁界Bそのものではなく、磁界Bの垂直方向の磁界成分が磁気センサ1の検出面1aに平行に作用している。図2（b）において、検出面1aに平行に作用する磁界成分の回転角度 θ' は、軸7の回転角度（磁界Bの回転角度） θ と等しい（ $\theta = \theta' = 0^\circ$ ）。

【0016】図2（b）の状態から軸7が右方向（正方向）に回転すると、これに伴って磁石5および6がヨーク9と一体となって回転し、傾斜角 α の磁界Bが磁気センサ1の検出面1aを貫通しながら正方向へ回転する。これにより、検出面1aに平行に作用する磁界成分も正方向に回転する。磁界Bの回転角度 θ が 90° となった場合を図2（c）に示す。この場合、検出面1aに平行に作用する磁界成分の回転角度 θ' は、 $\theta' = (90 - \alpha)^\circ$ となる。

【0017】図2（b）の状態から軸7が左方向（負方向）に回転すると、これに伴って磁石5および6がヨーク9と一体となって回転し、傾斜角 α の磁界Bが磁気センサ1の検出面1aを貫通しながら負方向へ回転する。これにより、検出面1aに平行に作用する磁界成分も負方向に回転する。磁界Bの回転角度 θ が -90° となった場合を図2（a）に示す。この場合、検出面1aに平行に作用する磁界成分の回転角度 θ' は、 $\theta' = (-90 + \alpha)^\circ$ となる。

【0018】ここで、磁界Bの傾斜角度 α を $\alpha = 60^\circ$ とすると、磁界Bの回転角度 θ が $\theta = 90^\circ$ の場合の検出面1aに平行に作用する磁界成分の回転角度 θ' は、 $\theta' = 90 - \alpha = 30^\circ$ となる。磁界Bの回転角度 θ が $\theta = -90^\circ$ の場合の検出面1aに平行に作用する磁界成分の回転角度 θ' は $\theta' = -90 + \alpha = -30^\circ$ となる。

【0019】この場合、磁界Bの回転角度 θ の 0° から 90° の変化に対し、検出面1aに平行に作用する磁界成分の回転角度 θ' は 0° から 30° の変化となり、磁界Bの回転角度 θ の 0° から -90° の変化に対し、検出面1aに平行に作用する磁界成分の回転角度 θ' は 0° から -30° の変化となり、磁界Bの回転角度 θ の変化よりも小さな角度変化の磁界成分が磁気センサ1の検

出面1aに平行に作用し、回転角度 θ の測定範囲が広がるものとなる。

【0020】本実施の形態において、磁界Bの回転角度 θ と検出面1aに平行に作用する磁界成分の回転角度 θ' との関係は、図3より下記(2)式として得られる。

$$\theta' = \tan^{-1}(\sin\theta/k) \quad \dots (2)$$

すなわち、図3(a)において、回転角度 θ' における検出面1aに平行に作用する磁界成分のX軸方向成分をx、Y軸方向成分をyとすると、 $x = B \cdot \cos\alpha \cdot \sin\theta$ 、 $y = B \cdot \sin\alpha$ で表され、 $\tan\theta' = x/y = (B \cdot \cos\alpha \cdot \sin\theta) / (B \cdot \sin\alpha) = \sin\theta / \tan\alpha$ となる。ここで、 $\tan\alpha = k$ とすると、 $\tan\theta' = \sin\theta / k$ となり、 $\theta' = \tan^{-1}(\sin\theta/k)$ となる。

【0021】図4に $\alpha = 60^\circ$ とした場合の出力電圧V(θ)の出力特性(シミュレーション結果)を示す。図中、実線が本実施の形態において $\alpha = 60^\circ$ とした場合のV(θ)の出力特性であり、点線は従来の回転角度検出器におけるV(θ)の出力特性を示す。同様にして、図5に $\alpha = 45^\circ$ とした場合、図6に $\alpha = 75^\circ$ とした場合、図7に $\alpha = 30^\circ$ とした場合の出力電圧V(θ)の出力特性(シミュレーション結果)を示す。このシミュレーション結果から、 $0^\circ < \alpha < 45^\circ$ では測定範囲が広がって狭くなるが、 $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ では従来よりも回転角度 θ の測定範囲が広がる事が分かる。

【0022】すなわち、従来の回転角度検出器では、 $\theta = -45^\circ \sim +45^\circ$ の範囲を超えるとこの範囲内の値と同一値のV(θ)が出力されるため、測定範囲が $\theta = -45^\circ \sim +45^\circ$ に限定される。これに対し、本実施の形態では、傾斜角 α を $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ とした場合、 $\theta = -90^\circ \sim +90^\circ$ の範囲では同一値のV(θ)が出力されることがなく、測定範囲が従来の 90° 以下から 180° 以下(実質的には 120° 程度)に広がる。

【0023】なお、本実施の形態では、ヨーク9に磁石5と磁石6を回転軸方向の位置を互いにずらして取り付け、図8に示すような円筒状の磁石10を使用するようにしてもよい。例えば、等磁性焼結フェライト磁石やラジアル異方性焼結フェライト磁石を用いると良い。この磁石10は、所要の箇所を部分的に着磁したもので、下側の一部分10-1にN極を形成し、上側の一部分10-2にS極を形成している。9'はヨークである。

【0024】また、本実施の形態では、磁気センサとして4つの強磁性体抵抗素子を用いた4素子タイプの磁気センサ(図9(a)参照)を使用したか、2素子タイプの磁気センサ(図9(b)参照)を使用してもよい。また、本実施の形態では、ヨーク9の下側にN極を内側として磁石5を、ヨーク9の上側にS極を内側として磁石6を取り付けたが、磁石5と磁石6との位置を入れ替え

てもよい。また、本実施の形態では、磁気センサ1側を固定しヨーク9側を回転させるようにしたが、ヨーク9側を固定し磁気センサ1側を回転させるようにしてもよい。

【0025】本実施の形態では、傾斜角 α の磁界Bを回転させ、磁気センサ1の検出面1aに平行な磁界成分の方向を検出するようにしている。このため、検出面1aに平行に作用する磁界成分の大きさが変化し、一定とはならない。強磁性体抵抗素子は一定以上の強さの磁界に対しては感度が鈍くて影響を受けない(飽和してしまう)性質がある。本実施の形態では、この性質を利用し、検出面1aに平行に作用する磁界成分の大きさが変化しても影響を受けないように、また外からの磁界成分でV(θ)が変化しないように、磁界Bとして上記素子が飽和する磁界よりも十分に強い磁界(例えば、80, 000A/m)を与えるようにしている。

【0026】[実施の形態2(具体例)]図10は上述した基本原理を利用した回転角度検出器の具体例を示す分解斜視図である。同図において、11は軸受、12は軸受用シリング、13はリング、14は回転駆動軸、15はヨーク、16は蓋である。回転駆動軸14は、図11に示すように、小突起14aを有し、この小突起14aをヨーク15の貫通孔15a内に挿入してその先端をかめするごとく一体化されている。回転駆動軸14の外周にはリング溝14bが形成されている。

【0027】ヨーク15は磁気飽和しない程度の厚みを有する鉄板で形成された有底円筒状とされ、その内部空間15bにネオジウム系異方性焼結磁石5、6を着磁して取り付けられた樹脂製の磁石保持部材17が圧入固定されている。磁石保持部材17には切欠17aおよび17bが形成されており、この切欠17aおよび17bに磁石5および6がこのN極およびS極を内側(ヨーク15の内側空間15b側)として取り付けられている。切欠17aは切欠17bよりも深く形成されている。これにより、磁石保持部材17に取り付けられた状態で、磁石5、6の回転軸方向の位置が互いにずらされる。回転駆動軸14を回転すると、この回転駆動軸14と一体となつてヨーク15が回転し、ヨーク15に取り付けられた磁石5、6も回転する。

【0028】蓋16には樹脂製の支持部材18とその裏面側を接着して磁気センサ1が取り付けられている。支持部材18は蓋16の上面に固定された基板19に接着されている。すなわち、磁気センサ1は、その検出面1aを表面とし、この検出面1aを縦にして蓋16に固定されている。基板19には回路パターン19aが形成されており、蓋16を貫通して4本のリード線20が回路パターン19aとフラットケーブル19bを介して磁気センサ1に接続されている。

【0029】図12は組み立てた状態を示す側断面図であり、図12(a)は図10におけるS1方向から見た

側断面図、図12(b)は図10におけるS2方向から見た側断面図である。ケース11内に軸受用リング12を挿入のうえリング13を通して回転駆動軸14を挿入している。回転駆動軸14の先端はケース11の上部開口11aより突出し、リング溝14bにリング21が嵌め込まれている。

【0030】回転駆動軸14の下端部はヨーク15と一体化されている。ヨーク15の内部空間15bには磁石5、6を取り付けた磁石保持部材17が圧入固定されている。ケース11の底部には磁気センサ1を取り付けた蓋19が嵌め込まれている。蓋19を嵌め込んだ状態において、磁気センサ1はヨーク9の内部空間15bの中央に位置し、その検出面1aが磁石5および6の回転軸方向と平行にされる。また、ヨーク15を磁路として、磁石5のN極から磁石6のS極へ向かう傾斜角 α の磁界Bが磁気センサ1に作用する。

【0031】回転駆動軸14が回転すると、この回転駆動軸14と一体となってヨーク15が回転し、ヨーク15に取り付けられた磁石5、6も回転する。これにより、磁石5、6が作る傾斜角 α の磁界Bが磁気センサ1の検出面1aを貫通しながら回転し、磁界Bの回転角度変化よりも小さな角度変化の磁界成分が検出面1aに平行に作用する。なお、本実施の形態では、鉄製のヨーク15が磁気センサ1の周囲を取り囲んでいるため、ヨーク15が磁気シールドとして働き、ヨーク外部の磁界が磁気センサ1の検出に影響を及ぼすことがない。

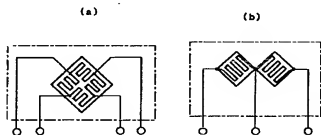
【0032】

【発明の効果】以上説明したことから明らかなように本発明によれば、N磁極からS磁極への磁界が磁気センサの検出面を斜めに貫通しながら回転し（第1発明）、第1の磁石（第2の磁石）から第2の磁石（第1の磁石）への磁界が磁気センサの検出面を斜めに貫通しながら回転し（第2発明）、この磁界の回転角度変化よりも小さな角度変化の磁界成分が磁気センサの検出面に平行に作用し、従来よりも回転角度 θ の測定範囲を広げることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の基本原理を説明するための磁気センサおよび磁石の取り付け状況を示す側断面図である。

【図9】



【図2】 図1に示した回転角度検出器において磁界Bが回転する様子を示す図である。

【図3】 磁界Bの回転角度 θ と検出面に平行に作用する磁界成分の回転角度 θ' との関係式を説明する図である。

【図4】 $\alpha = 60^\circ$ とした場合の出力電圧 $V(\theta)$ の出力特性（シミュレーション結果）を示す図である。

【図5】 $\alpha = 45^\circ$ とした場合の出力電圧 $V(\theta)$ の出力特性（シミュレーション結果）を示す図である。

【図6】 $\alpha = 75^\circ$ とした場合の出力電圧 $V(\theta)$ の出力特性（シミュレーション結果）を示す図である。

【図7】 $\alpha = 30^\circ$ とした場合の出力電圧 $V(\theta)$ の出力特性（シミュレーション結果）を示す図である。

【図8】 円筒状の磁石を使用するようにした例を示す側断面図である。

【図9】 4素子タイプの磁気センサおよび2素子タイプの磁気センサを示す図である。

【図10】 図1に示した基本原理を利用した回転角度検出器の具体例を示す分解斜視図である。

【図11】 この回転角度検出器に用いる回転駆動軸へのヨークや磁石の取り付け状況を示す分解斜視図である。

【図12】 この回転角度検出器を組み立てた状態を示す側断面図である。

【図13】 強磁性体磁気抵抗素子を利用した回転角度検出器の回路構成を示す図である。

【図14】 従来の回転角度検出器における磁気センサの取り付け状況を示す概略図である。

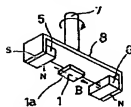
【図15】 この回転角度検出器の磁気センサの検出面に平行に磁界Bが作用する状況を示す図である。

【図16】 この回転角度検出器における出力電圧 $V(\theta)$ の出力特性を示す図である。

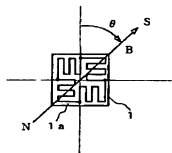
【符号の説明】

1…磁気センサ、1-1～1-4…強磁性体磁気抵抗素子、1a…検出面、5、6…磁石（永久磁石）、7…軸、9、9'…ヨーク、10…円筒状の磁石、10-1…N極が形成された一部分、10-2…S極が形成された一部分。

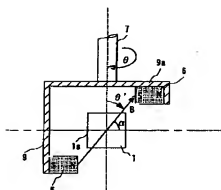
【図14】



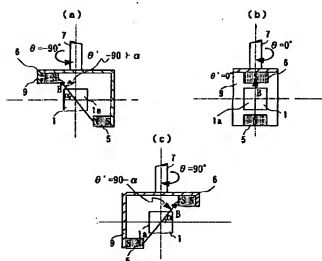
【図15】



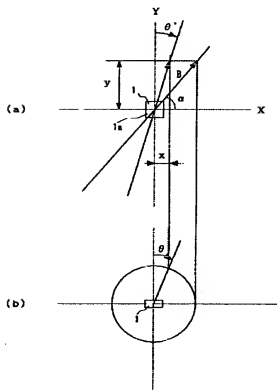
【図1】



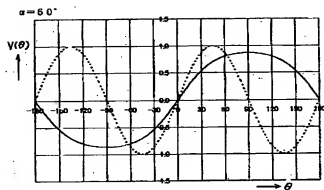
【図2】



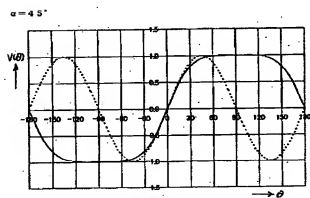
【図3】



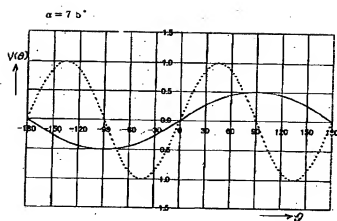
【図4】



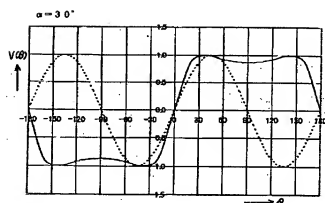
【図5】



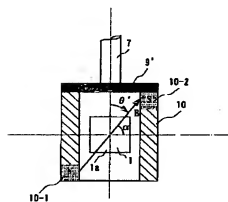
【図6】



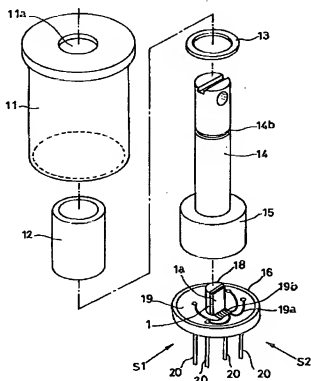
【図7】



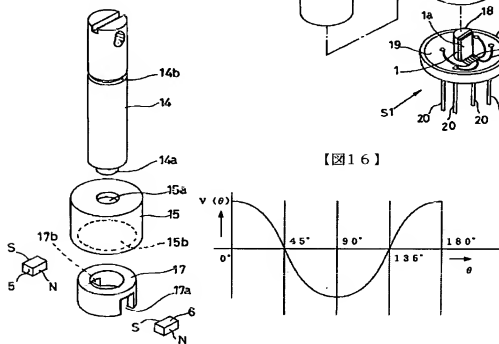
【図8】



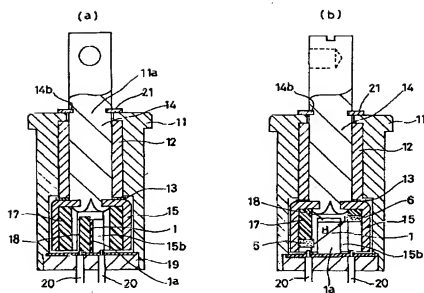
【図10】



【図16】



【图12】



【图13】

